

**JP 62-157543**

A pressure sensor includes a body having an inner cavity, and at least two surface acoustic wave (SAW) devices formed on a wall of the inner cavity. In the pressure sensor, the body has an outer flat surface that is adjacent to one of the SAW device in a radial direction.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-157543

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>  
G 01 L 9/00

識別記号 庁内整理番号  
A-7507-2F

⑭ 公開 昭和62年(1987)7月13日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全15頁)

⑮ 発明の名称 圧力センサ

⑯ 特 願 昭60-299725

⑰ 出 願 昭60(1985)12月27日

⑱ 発 明 者 ビカシユ ケイ シン アメリカ合衆国 コネチカット州 06896 ウェスト レ  
ハ ッディング トツブリッジ ロード 39  
⑲ 発 明 者 スタンリー ロック アメリカ合衆国 コネチカット州 06851 ノーウオーク  
ディアウウッド コート 17  
⑳ 発 明 者 ミツシエル ペ エク フランス国 75116 パリ ランヌ ブールバール 77  
ストロム  
㉑ 出 願 人 シュラムバーガー オ バナマ国 バナマ シティ 1 カレ アキリノ デ ラ  
ーバーシーズ ソシエ グアルディア 8 アパルタド 850  
ダ アノニマ  
㉒ 代 理 人 弁理士 中 村 稔 外5名

明 細 書

1. 発明の名称 圧力センサ

2. 特許請求の範囲

(1) 内側キャビティを有する本体および前記キャビティの壁上に形成された少くとも2つの弾性表面波(SAW)デバイスから成る圧力センサにおいて前記本体は前記SAWデバイスの1つに半径方向に隣接する外側フラット面を有することを特徴とする圧力センサ。

(2) キャビティ壁におけるそれぞれのフラット面にはSAWデバイスが形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(3) SAWデバイスの双方の側面に位置する壁は横軸横断面がわん曲されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(4) キャビティの壁のSAWデバイスを通る横軸横断面は一般に多角形であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(5) SAWデバイスの少くとも1つに隣接するキ

ャビティの壁の横軸横断面はわん曲していることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(6) それぞれのSAWデバイスにおける本体の半径方向厚さはほぼ同じであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(7) センサデバイスはセンサ本体の軸から半径方向に異なる距離にあることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(8) それぞれのSAWデバイスに隣接するセンサ本体の半径方向の壁の厚さは互いに50%より少ない値だけ異なることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載のセンサ。

(9) それぞれのSAWデバイスにおけるセンサ本体の厚さは前記デバイスのそれぞれの共振時間の差を少くするよう整合されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(10) SAWデバイスにおけるそれぞれの厚さはほぼ同じであることを特徴とする特許請求の範囲第9項記載のセンサ。

(11) 前記キャビティの壁は8角形であることを

特徴とする特許請求の範囲第4項記載のセンサ。

(12) 多角形体の辺は長さが異なることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載のセンサ。

(13) 1つのフラット面における本体の壁は他のフラット面における本体の壁よりも横断面が厚いことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(14) 薄い方の横断面を有する本体の壁にはフラット面に隣接するわん曲した側壁が設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第13項記載のセンサ。

(15) 前記わん曲した側壁は横断面が円筒形であることを特徴とする特許請求の範囲第5項記載のセンサ。

(16) 前記SAWデバイスからデバイスの周波数差に関連する出力信号を発生するための手段を含むことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(17) センサ本体の外側にて圧力を発生する手段と出力信号を前記圧力の大きさに変換する手段を

含むことを特徴とする特許請求の範囲第16項記載のセンサ。

(18) 本体は水晶から形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(19) 前記本体は軸方向平面に沿って接合された2つの半分割体から成る円筒体から形成され各々の半分割体の他方の半分割体のチャンネルと対向するように内部に形成された軸方向延長チャンネルを有し、それぞれのSAWデバイスが形成された底面には軸方向に延長するフラット面が形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のセンサ。

(20) フラット面は2つの半分割体を分離する軸方向平面に平行であることを特徴とする特許請求の範囲第19項記載のセンサ。

(21) チャンネルは深さが異なることを特徴とする特許請求の範囲第19項記載のセンサ。

(22) 一方のフラット面における本体の壁の厚さは他方のフラット面における壁の厚さよりも大きいことを特徴とする特許請求の範囲第19項記載

のセンサ。

(23) フラット面は幅が異なることを特徴とする特許請求の範囲第19項記載のセンサ。

(24) フラット面の所定の1つだけが直角よりもかなり大きい角度にて傾斜する側壁に隣接していることを特徴とする特許請求の範囲第19項記載のセンサ。

(25) フラット面の各々に隣接するそれぞれのチャンネルの側壁は直角よりもかなり大きな角度にてそれぞれのフラット面から傾斜していることを特徴とする特許請求の範囲第19項記載のセンサ。

(26) 直角よりもかなり大きな角度にて傾斜する側壁はわん曲されていることを特徴とする特許請求の範囲第25項記載のセンサ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、弾性表面波(SAW)デバイスを使ったセンサに関する。本発明の重要な特徴は、例えば静水圧等の圧力を測定するためSAWデバイスを使用することに関連する。

加速度および圧力等のパラメータを測定するのにSAWデバイス(例えば遅延ラインおよび共振器)を使用したセンサがこれまで提案されている。SAWセンサは弾性波の速度または周波数等のSAW特性を変化させる外部作用にตอบสนองする媒体中の弾性波の伝播に基づくものである。従来の提案例では、測定すべき外部作用により屈曲し、従って測定可能なようにSAWデバイスの特性を変えるように取付けられた薄いダイヤフラム上にSAWデバイスが設けられる。先に提案された別のタイプのセンサ構想体は、外部から又は内部から負荷がかけられるブロープとして円筒体を使用している。外部負荷型構造体では、円筒体は内面に1つ以上のSAWデバイスが取付けられたシールされたキャビティを有し、外部圧力が加えられ

ると、円筒体は屈曲し、SAWデバイス特性を変える。内部負荷型構造体では円筒体の外面に一つ以上のSAWデバイスが設けられ、円筒体中の中心開口に外方からの圧力が加えられる。弾性表面波センサは、1982年9月29日出願された米国特許出願第427,240号（本出願人に譲渡され係属中である）に詳細に説明されている。よってこの1982年の米国出願の全内容は参考のため本発明の一部に記載されている。この米国出願中に説明または引用された従来技術について審査官は注意を向けられたい。上記出願と同時に出願された米国出願第 号（本出願人に譲渡）にこのようなデバイスの改良が開示されているので、この全内容を参考のため本明細書の一部として記載する。ここに記載または引用された従来技術について審査官は注意を向けられたい。

外部負荷型構造体を製造する一つの方法は、水晶等の材料の中実円筒体を用意し、これを軸平面に沿って半分にのこぎりで切断し、半分割体の平らな側面にルート（通路）形成し、底部にそれぞ

れ「フラット面」を有するチャンネルを形成する。「フラット面」なる用語は本明細書では、表面上にSAWデバイスを形成するのに充分平らな表面を意味し、この表面は平面状でもわん曲状でもよい。各フラット面にそれぞれのSAWデバイスを形成し、2つの半分割体を円筒体に再び組立て、適当な接合技術によって互いに固定し、対向するチャンネルにより形成された内側キャビティをシールする。SAW共振器からの電気配線に接合部を貫通し、外部回路まで延長する。この構造体はハウジング内に選択的に導入される流体からの圧力等の外部圧力を選択的に受けることができるハウジング内に一般に取付けられる。圧力が加えられる前と後の定常状態の間の2つのSAWデバイスの周波数の差の変化は圧力変化の尺度として使用される。先の出願には、このような構造体の例が記載されている。

このタイプの構造の非制限的かつ代表的使用例は探査用または産出油井内のダウンホール圧力を検出することであり、高圧および高温等の過酷な

ダウンホール条件および極小の圧力差を正確に測定しなければならないことによってこのような構造にはきびしくかつしばしば相容れない条件が課される。例えば、産出油井の探査を評価し計画、する際、例えば地表下の地層の透過度を評価するため一つのフィールド内の一つの油井の産出量を変え（例えばその油井を一時的に閉じ）、同一フィールド内の一つ以上の油井の圧力変化を測定し、時間計測することが好ましいことが時々ある。これには、困難なダウンホール条件下で比較的微小の圧力変化を正確に測定することを要する。

従って、SAW圧力センサは、約百万倍以上のダイナミックレンジ、0～125℃より広い温度範囲で数秒以下の大きさの圧力応答時間、できるだけ短い熱応答時間および高精度を持った圧力測定能力を有していることが好ましい。上記とは異なるが、0～10,000 psi の圧力レンジ、0.01 psi の分解能、周囲温度にて100℃ステップ変化したときに約10秒以下の熱レスポンス時間、およびフルスケールで0.025%の精度を有する

SAW圧力センサにすることが好ましい。更に上記目標を越え、かつ上記分解能および精度と妥協することなく0～20,000 psi を越える圧力レンジ、0～175℃を越える温度レンジ、数秒の大きさの圧力および温度応答時間を有する構造体を提供することが好ましい。

上記1982年の米国特許出願は、とりわけ互に対向するチャンネル内に2つのSAW共振器が形成された内部キャビティと円筒形状を有する外部負荷型SAW圧力センサを開示しており、外部回路はSAW共振器の周波数差を測定し、この差を構造体の外面上の圧力の温度補償された尺度として使用する。このような構造体の例は、先に提出された出願（本出願人に譲渡）の第4、5、12、13、14、15、19、19、20、29、30および33に記載されている。特定の実施態様のこれら図の各々では、チャンネルの底部の平らな表面（単にフラット面と呼ぶ）にSAW共振器が設けられ、共振器のフラット面の長辺の側面に位置するチャンネル側面はフラット面に垂

直であり、壁の交差部での応力を軽減するよう設計されたシャープなコーナーをある程度丸くしたことを除けば実質的にまっすぐでかつ平面状である。本明細書に述べる発明はまっすぐなチャンネルの側壁に限定する必要はないが、前記先に提出された上記出願の図面のうちで直角と実質的に異なる角度にてフラット面に対して傾斜した外部負荷型構造体内のSAWデバイスのフラット面のすぐ側面に位置するわん曲した側壁すなわちこのような壁を示しているものはない。

1982年の出願に開示されかつ請求された構造体は従来の提案例よりも大きく改良されていると考えられているが、またより改良する必要がある。このような必要を満たすよう試みをしている間に、(1)一つ以上のそれぞれのSAWデバイスのすぐ側面に位置する側壁をけずることによりすなわち丸くすることによりまたは側壁をフラット面に対し90°より大きく傾斜させることにより構造体の形状を変えることおよび/または(2)2つのフラット面の壁厚が熱レスポンスを互いに

良く一致させるよう内側フラットの一つに隣接するセンサの外表面を平らにすると予期しない大きな改良が生じることが判った。これら改良とは、応力に大きな悪影響を与えることなく感圧性が予想もしない程大きく増加することおよび感圧性を許容できない程低下することなく熱応答が予想もしない程大きく増加することである。

従って本発明の非制限的实施態様は、軸平面に沿って接合された2つの半分割体から成る一般に円筒体状の圧力センサから成る。各々の半分割体中の軸方向に延長するチャンネルは他方の半分割体中のチャンネルと対向し、その底部に軸方向に延長するフラット面を有する。それぞれのSAWデバイスは各フラット面を占め、チャンネルの少くとも一方はフラット面に隣接するわん曲した側壁または90°を実質的に超える角度にてフラット面の長辺から傾斜した側壁を有することができる。必要ではないがわん曲した側壁は円筒形表面に合致していることが好ましい。このわん曲した側壁はわん曲または円筒形表面を有するルーディ

ング用工具にて形成できる。これら2つのチャンネルは(少くともセンサを製造するときは)一方のフラット面における本体の壁の厚さが他方のフラット面における壁の厚さよりも大きくし、フラット面の幅が異なるように2つのチャンネルの深さが異なるようにできる。フラットの一方に隣接するセンサの外側表面は感圧性を許容できないほど劣化することなくフラット面における熱応答を良好に整合するよう平坦にすることができる。

広義には本発明の非制限的实施例は中空本体の内側に形成され、本体の外側に加えられる圧力と共に周波数に変化する少くとも1つのSAWデバイスを有する中空体から成る。SAWデバイスに隣接する内側表面の少くとも一部の部分はわん曲または実質的に90°を超える角度にてSAWデバイスより傾斜できる。好ましくは中空体はその内側に形成されかつ互いに対向する2つの内側フラット面を有する。それぞれの内側フラット面にはSAWデバイスを形成でき、フラット面におけるセンサ本体の壁の厚さはそれぞれのSAWデバ

イス間の熱応答を良好に整合するためマッチングできる。

両フラット面に隣接する平面状側壁を有する特定実施態様と比較して1つのフラット面に隣接するわん曲した側壁を有する特定の实施態様ではフラット面の中心において応力を大巾に増加することなく50%感圧性が増加することが予想される。フラット面におけるセンサ本体の壁の厚さを整合すると感圧性を許容できないほど劣化、または応力を許容できないほど増加することなく少くとも約3分の1だけ熱応答時間が短くなることが予想される。

図面に示した実施態様と関連させて本発明の上記およびそれ以外の特徴についてより詳細に説明する。

第1図の斜視図および第2図、第3図および第4図の断面図を参照すると、番号10で一般的に示される外部負荷型圧力センサは軸平面に沿って16で接合され頂部半分割体12および底部半分割体14から成る。頂部半分割体12内には軸方

向に延長するチャンネル18が形成され、底部半分割体14内には同様な（しかしチャンネル18より浅い）軸方向延長チャンネル20が形成されている。これら2つのチャンネルは互に対向し、頂部半分割体12と底部半分割体14によってシールされたキャビティを形成している。頂部チャンネル18の底部には軸方向に延長する頂部フラット面22が形成され、チャンネル20の底部には軸方向に延長する底部フラット面24が形成されている。フラット面22および24はチャンネル18および20により形成されたキャビティを横断して互に対向し、頂部フラット面22に頂部SAW共振器26が形成され、底部フラット面24に底部共振器28が形成されている。本体10を構成する半分割体の外観のこれ以上の細部は第9図から徐々に明らかとなるが、第9図は底部半分割体14の半分の斜視図であり、他の部分は第9図にて底部半分割体14が切断されている平面30に対して実質的に対称的である。ここで「実質的」という用語を使用したのは、第4図に

最良に示すように2つのチャンネルの深さが異なり、かつ2つのフラット面でのセンサの壁の厚さが異なることがあり得るからである。第9図から判るように底部フラット面24の長辺はまっすぐな（平面状）の側壁32および34の側面に位置し、これら側壁はフラットの長辺から実質的に90°より大きい傾度に傾斜している。このフラット面は切頭円錐の形状をしたルーティング工具を用い軸方向平面に沿って中実円筒体の半分割体をルート削切することにより形成できる。頂部半分割体12も同じ形状にできるが、チャンネル18および20は深さが異なる場合がある。チャンネル18は20の深さが異なるとき頂部の厚さ（頂部フラット面22より上方のセンサ本体の壁厚）は底部の厚さ（底部フラット面24より下方のセンサ本体の厚さ）と異なる。非制限的寸法例を示す第2～4図の実施態様では、頂部フラット面での厚さは4mmで、底部フラット面での厚さは6mmである。別の非制限的寸法例を示す、第5図では、頂部の厚さは5.79mmで、底部の厚さは

3.17mmである。これら寸法例の各々では所定センサの対向するフラット面は同一幅（第2～4図では、5mm、第5図では6.350mm）を有するが、このような例と同じようにする必要はなく、同一センサのフラット面の幅が互いに異なるようにしてもよい。

第2～4、5および9図に示すようなフラット面に隣接するまっすぐな（平面状）壁を有する圧力センサは、フラット面の中心で感圧性および応力に関し、高い有効的な結果を与えると考えられている。測定値の違いでしか第2～4図の実施態様と異なる第5図に示すセンサの実施態様は、下記の表に特定された概算された感圧性（フラット面の中心における）を与える。表1中の概算されたパラメータは、外部から加えられた静水圧の単位変化あたりのSAWの共振器の周波数変化（Hz/psi）である。符号tが付けられた欄は厚薄フラット面におけるセンサの厚さをそれぞれ示し、従ってこの表は第5図に示された寸法の結果を示すもので、その他すべての寸法は第2～4

図に示されたものである。符号t/rが付けられた欄は先の欄に示された厚さとセンサ本体の半径の比を示す。符号STが付けられた欄は、STカットのセンサに対する外部から加えられた圧力の単位変化あたりのそれぞれのSAWデバイスの概算周波数変化（単位はHz/psi）を示し、符号ATの付いた欄はATカットセンサに対する外部から印加された圧力の単位変化あたりの周波数変化を示す。表1における感圧性の概算値に対する基準共振器の周波数は310Hzである。外部圧力を加える方法の例は、第14図を参照して説明し、SAWデバイスの周波数を測定する方法の例は第11～13図を参照して説明するが、これら方法は上記1982年の米国特許出願にも記載されている。この1982年の特許出願にはSTおよびATの用語がより詳細に定義されている。

表 1

	t(mm)	t/r	ST(Hz/psi)	AT(Hz/psi)
$\Delta f / \Delta p$	5.79	0.456	38.0	20.0
$\Delta f / \Delta p$	3.17	0.250	50.0	28.4

第2～4図、第5図および第9図内のフラット面の側面に位置するまっすぐな（平面状）側面を使用する実施態様は従来の提案例と比較して良好な概算された結果を与えるが、フラット面の少なくとも一方の側面に位置する側壁を丸くすると、予期しないほど改善された結果を与えること、この予期しない改善はきわめて大きく、センサの性能を劣化するような応力の増加を伴うものでないことが判っている。

一例として、第6図を参照すると、第5図の実施態様と同じように頂部フラット面22（厚いフラット面）の側面にはまっすぐな側壁36および38が位置しているが、底部フラット面24（薄

いフラット面）の左右の側面にはわん曲した側壁40が位置する。わん曲した側壁40を有する底部チャンネル20は、頂部チャンネル18と実質的に同じようにすなわちルーティング用工具によって形成できる。しかしながら底部チャンネル20用のルーティング用工具は底端を有し、この底端は（底部フラット24を形成するように）平らな底部断面を有する半球状の形状になっている。丸い側壁デバイスを有するセンサの半分分割体を示す斜視図である第10図を説明すると、この図は底部フラット面24の長辺の側面にわん曲した側壁40が位置する点だけが第9図と異なっている。第6図に示すセンサ構造体は底部チャンネル20だけが丸いすなわちわん曲した側壁40を有していることを示すため底部が丸くされている（Bottom Round）ことの略語としてBRと表示する。

第7図にはわん曲した側壁を有する別の実施態様を示すが、頂部が丸く（Top Round）されていることの略語としてTRと表示する。第7図において、頂部（すなわち厚い）フラット面22の長

辺の各々側面にはわん曲した側壁42が位置しているが、一方底部フラット面24の側面には第2～5図および第9図の実施態様のようにまっすぐな壁44および46が位置している。

第8図は頂部および底部が丸いこと（Top and Bottom Round）の略語としてTBRと表示される別の実施態様を示す。第8図の実施態様では、底部（または薄い）フラット面24の側面には第6図の実施態様と同じように丸い側壁40が位置し、頂部（厚い）フラット面22の側面には第7図の実施態様のように丸い側壁42が位置する。

少なくとも一つのフラット面の側面に位置する丸い側壁を使用すると、予期しないことに感圧性がおどろくほど改善されることおよびこのことがフラット面の中心における応力を認容できないほど大きくすることによりセンサの性能を劣化するものでないことが判った。下記の表2は、フラットの中心における概算された感圧性を表1と同じ表示を用いて表示するもので、第8図（TBR）、第7図（TR）および第6図（BR）のセンサを

用いたときの概算結果との比較を便利にするため表1（第5図に示す圧力センサ）の内容を繰返して表示する。STおよびAT欄の値は表1に関連して他のすべてのテストパラメータを用いた外部から加えられた圧力の単位変化あたりのそれぞれのSAWデバイスの周波数変化（Hz/psi）である。

表 2

	t(mm)	t/r	ST(Hz/psi)	AT(Hz/psi)
第5図				
$\Delta f/\Delta P$	5.79	0.456	38.0	20.0
$\Delta f/\Delta P$	3.17	0.250	50.0	28.4
TBR(第8図)				
$\Delta f/\Delta P$	5.79	0.456	38.9	24.8
$\Delta f/\Delta P$	3.17	0.250	54.7	39.2
TR(第7図)				
$\Delta f/\Delta P$	5.79	0.456	39.1	25.4
$\Delta f/\Delta P$	3.17	0.250	50.5	27.1
BR(第6図)				
$\Delta f/\Delta P$	5.79	0.456	37.9	19.6
$\Delta f/\Delta P$	3.17	0.250	54.2	41.6

センサBR(第6図)の2つのフラットに対する圧力の単位変化あたりのSAWデバイスの周波

第5図のセンサと比較するような感圧性の差の低下が(頂部フラットにわん曲した側壁が隣接し、底部フラットにまっすぐな側壁が隣接する)第7図のTRセンサにも注目されるが、第6図のBRセンサに対しては感圧性大幅増加が注目される。これら結果からSTカットおよびATカットの間にフラット面が形成されるようにカットした結晶から製造されたセンサは、第2～5図および第9図における形状と比較してBR形状では50%の感圧性の改善を示すことができる。

フラット面の少なくとも一つに隣接する側壁を丸くすることによって生じる予想されない概算感圧性の大幅増加はフラット面の中心での応力を付随的に大きくすることなく起きる。このことは、表2に関連して説明した他の形状と比較するように第5図に示した形状の場合の次の表3に示された概算結果より明らかである。軸方向(円筒軸に沿う)であるZZ方向およびフープ応力方向であるQQ方向に対し正規化された応力 $\Sigma$ が与えられる。いずれのケースでも外部から加えられる圧

力変化は大きなコントラストをなすことおよびこのことはSTおよびATカットの双方についても云えることが表2から判る。第5図に示すように両フラット面に隣接する側壁がまっすぐ(平面状)であると、概算される感圧性の差はSTカットでは12 Hz/psiである。この値は、底部フラット面の側面にわん曲した(球面状)側壁が位置する第8図のTBRセンサでは15.8まで変化し、底部フラット面の側面にわん曲した側壁が位置し、頂部フラットの側面にまっすぐな側壁が位置する第6図のBRセンサでは16.3まで変化する。ATカットでも概算された感圧性の差が改善されることに注目したい。すなわち(第5図に示すように)両フラット面に隣接するまっすぐな側壁のセンサでは8.4、両フラット面にわん曲した側壁が隣接している)第8図のTBRセンサでは14.4、底部フラット面にわん曲した側壁が隣接し、頂部フラット面にまっすぐな側壁が隣接する第6図のBRセンサでは22である。STカットでは、(両フラット面に隣接するまっすぐな壁を有する

力psiごとの応力である。第3図の他の表示は表2の表示と同じである。予期しないことに、わん曲した側壁に関連したセンサの本体が薄くなると、STカットまたはATカットのいずれでも応力は大きく増加しない。従って、概算された感圧性大幅に増加することを確保するため代償としてセンサの強度を大きく低下することはない。



表 3

	t(mm)	t/r	S T	A T
第5図				
軸方向応力	5.79	0.456	-1.66	-1.62
フープ応力	5.79	0.456	-2.26	-2.25
軸方向応力	3.17	0.250	-2.16	-2.13
フープ応力	3.17	0.250	-2.88	-2.84
TBR (第8図)				
軸方向応力	5.79	0.456	-1.59	-1.57
フープ応力	5.79	0.456	-1.90	-1.87
軸方向応力	3.17	0.250	-2.06	-2.03
軸方向応力	3.17	0.250	-2.00	-2.00
TR (第7図)				
軸方向応力	5.79	0.456	-1.57	-1.54
フープ応力	5.79	0.456	-1.80	-1.77
軸方向応力	3.17	0.250	-2.23	-2.20
フープ応力	3.17	0.250	-3.09	-3.06
BR (第6図)				
軸方向応力	5.79	0.456	-1.68	-1.65
フープ応力	5.79	0.456	-2.35	-2.34
軸方向応力	3.17	0.250	-1.99	-1.96
フープ応力	3.17	0.250	-1.79	-1.72

ンプ64を含むことができ、アンプ64はSAW共振器54の特性で決まる周波数の信号を出力ライン66に発生する。これら共振器の特性は、センサの本体に加えられる圧力による変化によって変わる。

第13a図および第13b図は第12図に示されているような回路の出力信号の周波数を測定するための2つの公知の方法を示す。第13b図の直接カウント法では、メインゲート68への入力信号は第12図の出力バッファアンプ64の出力66であり、メインゲート16の他の入力タイムベース発振器70から生じ、この出力は分周器72によって時間ベース分割され、メインゲートフリップフロップ64を通過してメインゲート68へ送られる。メインゲート68の出力はカウンタ76内でカウントされる。作動中、カウンタ76はタイムベース発振器/分周器およびメインゲートフリップフロップにより決定される時間インターバル中メインゲート68を通過される入力信号のサイクル数をカウントする。第13b図に示す

共振器26および28の各々は第11図に示すタイプのものでよく、1982年の特許出願に記載のかつ公知の技術に従いそれぞれのフラット面の高度に研磨された表面48にデポジットされた表面波インターデジタルトランスジューサ44および46と、それぞれのフラット面の表面に形成された表面波格子反射器50および52から構成できる。表面波はフラット面の長手方向およびセンサ本体10の円筒軸に平行に伝播する。

第11図に示したタイプのSAW共振器およびこれをドライブして出力するための回路の簡略化したブロック図である第12図を参照すると、SAW共振器は54で略図で示され、第1図に56および58等で示すリード線を介して接続された出力端を有する。これらリード線は、頂部半分割体12と底部半分割体14との間のシールされた接合部を貫通し、外部の回路基板に適当に接続できる。この外部回路基板は第12図に示すようにループアンプ60と、方向性カップラーすなわちパワースプリッタ62および出力バッファア

ンプの時間測定回路では、第12図の出力バッファアンプ64の出力66のような入力信号は多くの入力サイクルN(i)の間メインゲート82を開け、時間ベースw(t)のサイクル数がカウントされる。時間ベースは時間ベース発振器78から生じるものであり、発振器78の出力は第2出力がメインゲート82に入る前に時間ベース分周器80を通過する。入力信号66の周波数は時間ベースn(t)のサイクル数に時間ベースの期間t(c)を掛けた積に対する入力サイクルN(i)の比から計算される。本質的には、測定されるものは多くの入力サイクルが主ゲートを通過するのに必要なタイムベースの期間の数である。入力サイクルごとの時間(信号の期間)が計算され、次にその逆数が計算されると、測定された周波数が得られる。時間カウンタ84内では時間ベースサイクルがカウントされ、イベントカウンタ86内で入力サイクルの数がカウントされる。演算回路90内で必要な積および比が生じ、この結果はディスプレイ92に表示される。

第14図には、静水圧測定用センサ10を使用するための装置の例が示されている。この装置は圧力センサ10が分離サポート106により適当に支持されているハウジング104へ加圧流体を供給するよう導管102を選択的に開けることができる入力バルブ100を含む。センサ10までの電気的配線は、センサ10内のSAWデバイスの周波数を測定するための外部回路、例えば第13a図および第13b図に関連して説明した回路に接続された貫通リード線112および114である。ハウジング104内の圧力は、出力バルブ110によって制御された出口導管108を介して流体を抜くことにより緩和できる。代替例として一つのポートを設け、センサの本体の円筒軸に沿って延長する弾性支持体によりセンサ本体を取付け、ハウジング内に液体を導入する壁と反対の壁を通して電気配線を接続してもよい。種々の異なるハウジングを利用できることおよび重要なことはハウジングの特定の細部でなくハウジングが存在することであるので、請求する発明を実施

するのに特定のハウジングをこれ以上説明することは不要であると考えられる。

第14a図は、検層ツールシステム内に本明細書に述べたタイプのセンサを組込むことを示す。第1~10、15、および19~22図に関連して説明したタイプのセンサは、第14図に関連して説明したようなハウジング内に固定され、検層ツール130内に取付けられ、検層ツール130は、地表下の地層134内にあけられたボアホール132内にケーブル131によって支持される。ケーブル131はプーリ136をまわって、ドラム-ウインチ機構138に固定される。機構138は、ケーブル131内の導電線と表面ユニット142との間を電気的に接続するための適当なブラシースリップリング装置140を含み、表面ユニット142は検層ツール130およびこの中に取付けられたセンサに電力および制御信号を供給する。第12~13b図に関連して説明したような回路はツール130内に取付けられ、センサによって検出された圧力を検出する信号をケーブル

131を介して送出するよう表面ユニット142の制御により作動する。所望の場合、ツール130内にコードコンバータを設け、センサ出力を所望コードおよびフォーマットでデジタル信号に変換する。ホイール137はケーブル131と係合し、深度レコーダ144とリンクし、レコーダ144は所望の圧力測定をするボアホールの深度を記録する。記憶装置146は表面ユニット142からの圧力測定値および深度レコーダ144からの対応する深度測定値を受け、将来の使用のためこれら測定値を記憶する。これら測定値は、例えばノイズまたは他の好ましくない信号成分をろ波するようユニット150内で処理される。これらの圧力および/または深度測定値は150での処理の前または後でユニット152にディスプレイできる。

(第6~8図に示したような) SAWデバイスに隣接したわん曲した壁を有する本発明のセンサは、先に出願された特許出願に記憶されたセンサの場合に使用された実質的に同一技術を用い製造

できる。材料の違いは必要なわん曲した側壁の形成に関連したものである。すでに指摘したようにこれを形成する代表例は先願の出願におけるように円錐形でないルーティングツールを使用することであるが、特定のSAWデバイスに隣接する側壁の所望の曲率に応じて球面またはそれ以外のわん曲した切削面となったルーティング用ツールを使用することである。例えば、フラット面の長辺に隣接する側壁は、応力が増加する点から見て許容できない劣化を生じることがなく改善された感圧性の所望の結果が得られる限り放物面でもよいし、横断軸断面が他の曲率を有していてもよい。図示した実施態様では、SAWデバイスは溝の平面状底面上に形成されている状態で示されており、「フラット」なる用語を使用しているが、わん曲した内面にSAWデバイス少なくとも一つを形成することは本発明の範囲内にあると解すべきである。例えば、横断軸方向横断面にチャンネルの少なくとも一つを連続的にわん曲させ、上記図面に示したように平面状表面上でなくわん曲した底部

部分にSAWデバイスを形成してもよい。従って「フラット面」なる用語は、本願ではSAWデバイスを形成する表面を意味するものとして使用し、この表面は平らな面、わん曲した面、または部分的に平らな面、および部分的にわん曲した表面でよい。更に上記図面では、SAWデバイスは軸方向に沿って延長しているが、ある場合ではセンサ本体の円筒軸に対して所定角をなす方向に沿ってこのSAWデバイスを延長させると好ましいことがあり、このようにすることは本発明の範囲内に入ると解すべきである。また頂部、底部および左および右といった方向に関する用語はセンサの特定配列に言及した用語であり、実際に使用する場合にセンサを配列できる態様についての限定を意味するものではない。本発明の範囲内では、上記以外の多数の変形例も可能であり、従って、本発明は上記特定例のみに限定されず、添付した特許請求の範囲に含まれるすべての要旨を含むものである。

先に指摘したように、上記タイプのセンサの好

5図)とフラット面24の直下のセンサの外面上における温度差を示し、第16図の曲線124は同様に表面温度を同じだけステップ変化したときの厚いフラット面22とフラット面22のすぐ上のセンサの外面上における温度差を示す。本例では、薄いフラット面における温度差が0.1℃に達するのに必要な概算された時間は約8秒であり、厚いフラット面の温度差が0.1℃に達するのに要する概算時間は約15秒である。

第17図は第16図と同じタイプのグラフであるが、このグラフは第8図に示すような内壁構造を丸くした場合のグラフである。第17図に示すように薄いフラット面における温度差が0.1℃まで低下するのに要する時間は約5秒まで短くなり、厚いフラット面の温度差が同じ値まで低下するのに要する時間は約15秒である。従って、センサの全熱応答は大幅には変化しない。2つのSAWデバイスの熱応答を良好にマッチングするためセンサの外側を平らにすること等によりSAWデバイスの一方の本体の壁を薄くすると、予期しない

ましい特性の一つは、熱応答時間が短いことである。本願の図面中に示されたセンサでは、一つのセンサにつき2つのSAWデバイスが使用され、(特定外部圧力での定常状態における)センサの周波数の差をセンサに加えられた外部の圧力の大きさとして使用していると解される。一つのSAWデバイスだけしか使用しないセンサと比較すると、これにより感圧性は約2分の1に低下しかつ感温性も約10分の1に低下するので、本発明のセンサは温度変化による誤差を大幅に受けにくくなる。更に第1～14図に示したセンサ例は、特に油井検層のいびしい環境下でセンサが定常状態に達することができるよう圧力測定の間で熱安定期間を必要とする熱応答特性を有する。

第5図に示された構成のセンサの概算された熱応答時間は第6図の曲線にプロットされるが、このグラフでは横軸は時間(秒)で、縦軸は対数尺の温度(℃)で示された温度である。第16図の曲線120は、時間ゼロ時に表面温度が100℃ステップ変化したときの薄いフラット面24(第

ことに他のパラメータに許容できない悪影響を与えることなくセンサの熱応答時間を大幅に改善できることが判った。また予期しないことにこのことは感圧性の許容できない低下または応力の許容できない増加を生じるものでないことが判った。

第15図は、他のパラメータを許容できない程劣化することなく熱応答時間を予期できない大幅な改善をする本発明の実施態様の一例を示す。第15図に示したセンサは第8図に示したセンサと同じセンサ(第3～5図に示した寸法と同じ他の寸法を有する)であるが、126に外部「フラット面」を有する。「フラット面」なる用語は、外面すなわちフラット面におけるセンサ本体の厚さが低下するようセンサの外側を平らにすなわち曲率を小さくすることを意味するものとして使用してある。「厚さ」なる用語は、この関連において内側のフラット面の中心とセンサの外側表面上の最も近い点との間の距離を意味するものとして使用している。従って、外側の「フラット面」は平面状である必要はないが、わん曲した表面に順応

した外側の「フラット面」にすることは本発明の範囲内にある。例えば、センサの本体の外側表面を研削して厚いフラット面22に平行なフラット平面を形成することにより、第15図における126のように外側のフラット面を形成できる。このような外側フラット面126により、厚いフラット面22および薄いフラット面24におけるセンサ本体の半径方向厚さはほぼ同じになる。厚いフラット面22におけるセンサ本体の厚さは、本例では3.00mmで、薄いフラット面24におけるセンサ本体の厚さは本例では、3.17mmである。

第18図の曲線120は、薄いフラット面が第15図の構成となっているときの概算熱応答時間を示す。この曲線120は、第8図の構成の場合を示す第17図の曲線とほぼ同じであるが、第18図の曲線124は厚いフラット面22が第15図の構成となっている場合の大幅に短くなった概算熱応答時間を示す。よって、温度差が0.1℃まで低下するのに（第16図および第17図に示すように）他の構成では15秒要していたが約

10秒要する。これによって、熱応答時間は約3分の1だけ短くなることが推定される。

厚いフラット面におけるセンサ壁を薄くすることによって熱応答時間は余熱できないほど大幅な改善がされることは、上記した各種のセンサの構成の各々では有益である。第19～22図にこれから構成のいくつかを示す。第19図の構成は、第5図の構成と同じであるが、外側のフラット面126は厚い（頂部）フラット面22におけるセンサ壁の半径方向厚みを3mmまで薄くするよう厚いフラット面22に外側フラット面126が形成してある。第20図の構成は、第5図の構成と同じであるが、薄いフラット面24におけるセンサ本体の半径方向厚さは、3.17mmでなくて2.17mmであるので、1mm薄い。第21図の構成は第8図の構成と同じであるが、薄いフラット面24におけるセンサ本体の半径方向厚みは1mm薄い。第22図は第21図と同じ構成を示すが、外側フラット面126は厚いフラット面22におけるセンサ壁厚を第21図に示す5.78mmから3.00mmへ

薄くしている。

第15、19、20および22の構成は、完全に円形の横方向横断面を有する対応した構成と比較される改善された（短くなった）熱応答時間を有する。先に指摘したように、熱応答時間の短縮に関連する本発明の特徴の重要な予期しない利点の一つは、応力が許容できない程増加または感圧性が許容できない程低下しないことである。これは、次の表4に示す概算結果により確認される。

表 4

センサの構成	正規化された軸方向 応力	正規化された フリー 応力	感圧性 (Hz/psi)	フラット面におけるセンサ の壁圧 (mm)
<b>A</b>				
すべてまっすぐな側壁				
頂部フラット面	-1.65	-2.26	37.62	5.79
底部フラット面	-2.12	-2.88	50.34	3.17
<b>B</b>				
すべて丸い側壁				
頂部フラット面	-1.59	-1.87	39.15	5.79
底部フラット面	-2.06	-1.99	54.83	3.17
<b>C</b>				
すべてまっすぐな側壁				
外側フラット面	-1.35	-1.58	33.18	3.00
頂部フラット面	-2.21	-2.77	52.63	3.17
<b>D</b>				
すべて丸い側壁				
外側フラット面	-1.11	-0.62	33.55	3.00
頂部フラット面	-2.09	-1.91	56.61	3.17
<b>E</b>				
すべてまっすぐな側壁				
頂部フラット面	-1.73	-2.51	38.18	5.79
底部フラット面	-2.64	-3.54	60.91	2.17
<b>F</b>				
すべて丸い側壁				
頂部フラット面	-1.67	-2.11	39.74	5.79
底部フラット面	-2.53	-2.02	71.27	2.17
<b>G</b>				
すべて丸いフラット面				
外側フラット面	-1.15	-0.87	32.90	3.00
頂部フラット面	-2.68	-1.96	77.18	2.17

表4のA部分は第5図に示すような構成の場合の結果を示し、表4のB部分は第8図に示すような構成の場合の結果を示し、表4のC部分は第19図に示すような構成の場合の結果を示し、D部分は第15図に示すような構成の場合の結果を示し、E部分は第20図に示すような構成の場合の結果を示し、F部分は第21図に示すような構成の場合の結果を示し、表4のG部分は第22図に示すような構成の場合の結果を示す。表4における正規化された軸方向応力と表示された値はそれぞれのフラット面の中心における概算された応力を示し、正規化されたフープ応力と表示された値はフラット面の中心における概算されたフープ応力を示し、感圧性と表示された値は外部から加えられた圧力の単位変化当たりのそれぞれのSAWデバイスの周波数変化(Hz/psi)を示し、フラット面におけるセンサ壁の厚さと表示された値はそれぞれのフラット面の中心からセンサ本体の外側表面上の最も近い点まで測定した厚さ(mm)を示す。

示す第4図と同じような横軸断面図、第6図は底部フラット面に隣接するわん曲した側壁を使用した実施態様を示す横軸断面図、第7図は頂部フラット面に隣接するわん曲面を使用した実施態様を示す横軸断面図、第8図は頂部フラット面および底部フラット面の双方に隣接するわん曲した側壁を使用した実施態様を示す横軸断面図、第9図はフラット面に隣接するまっすぐな側壁を有するチャンネルを示す斜視図、第10図はフラット面に隣接するわん曲した側壁を有するチャンネルを示す同様な斜視図、第11図はSAW共振器の主要部品を示す斜視図、第12図はSAW共振器の主要部品および共振器用の外部回路を示すブロック図、第13a図はSAW共振器の周波数を直接カウントするための方法を示すブロック図、第13b図はSAW共振器の周波数を測定するための時間測定法を示すブロック図、第14図は静水圧測定のため外部負荷型SAW構造体が取付けられたハウジングの略図、第14a図は油井検層時にセンサを使用する状態を示す図、第15図は感圧性

表4のA部分とC部分を比較すると、第19図に示すように外側フラット面126を形成しても第5図に示す構成と同じような構成と比較して軸方向またはフープ応力を大巾に増加するわけではなく、感圧性を増加させると同時に、熱応答時間を大巾に短縮することがわかる。表4のB部分とD部分を比較するだけでなく、F部分とG部分を比較すると同様な結論が得られる。表4には示していないが、表4のE部分に記載の構成上に外側フラット面を形成すればF部分からG部分に至るまでのような結果に対応する改善が予想される。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は外部負荷型SAWデバイス圧力センサの斜視図、第2図は第1図の円筒形構造体を2つの半分分割体が接合されている軸方向平面における2-2線に沿う軸方向断面図、第3図は第2図の平面に垂直な軸方向平面における3-3線に沿った軸方向断面図、第4図は横軸平面における第1図の4-4線に沿った横断面図、第5図はフラット面に隣接する平面状側壁を使用した実施態様を

を許容できないほど劣化または応力を増加することなく、熱応答マッチングを改善するよう平らにされた外側表面を有するセンサを示す第8図と同様な軸方向断面図、第16図は第1～5図に示すようにフラット面に隣接する平面状側壁を有しフラット面における壁の厚さが異なるセンサの概算された熱応答を示すグラフ、第17図は第8図に示すような(TBR)各フラット面に隣接した側壁を有しフラット面における壁圧が異なるセンサの概算された熱応答を示すグラフ、第18図はフラット面におけるセンサ本体の壁圧がほぼ等しくなるよう第15図に示すようにフラット面の一方にて平らにされた外側表面を有するセンサの改善された概算熱応答を示すグラフ、第19～22図は別の構成を有するセンサの横軸横断面図である。

- 10…圧力センサ
- 12…頂部半分分割体
- 14…底部半分分割体
- 18、20…チャンネル
- 22…頂部フラット面

24 ... 底部フラット面  
 26 ... 頂部SAW共振器  
 28 ... 底部SAW共振器  
 33、34、40 ... 側壁

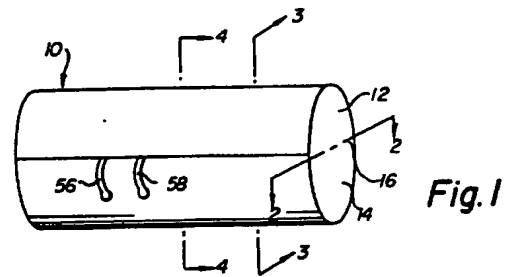


Fig. 1

Fig. 3

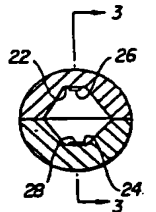
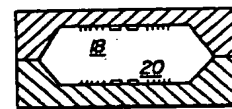


Fig. 4

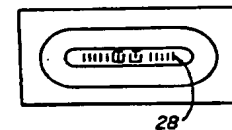


Fig. 2

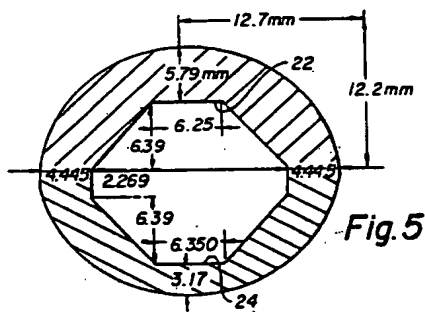


Fig. 5

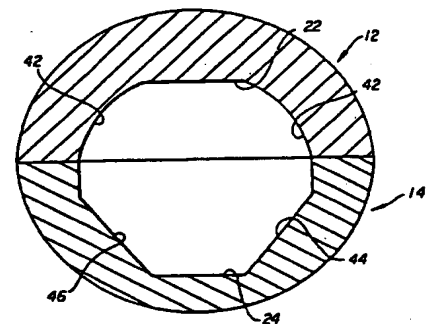


Fig. 7

Fig. 6

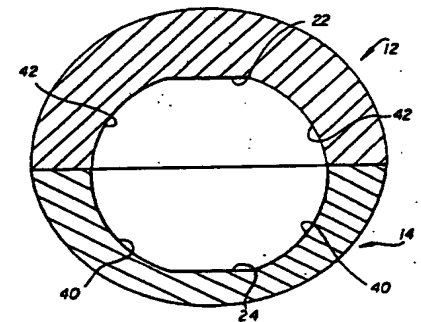
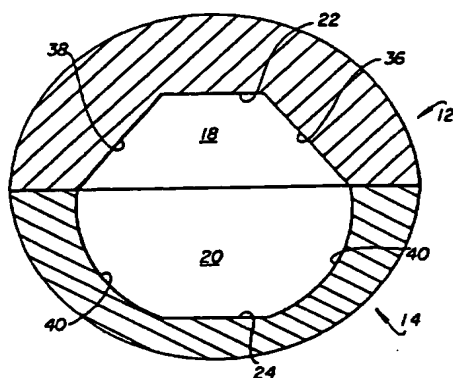


Fig. 8

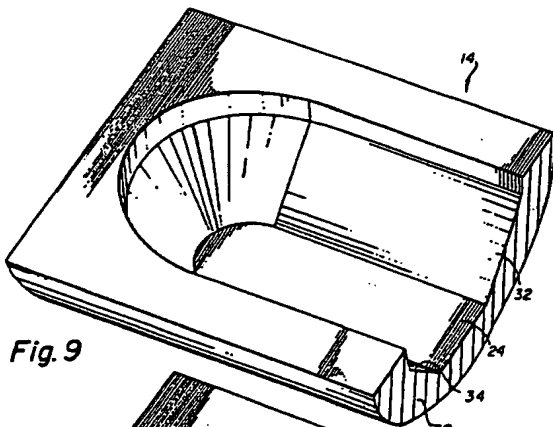


Fig. 9

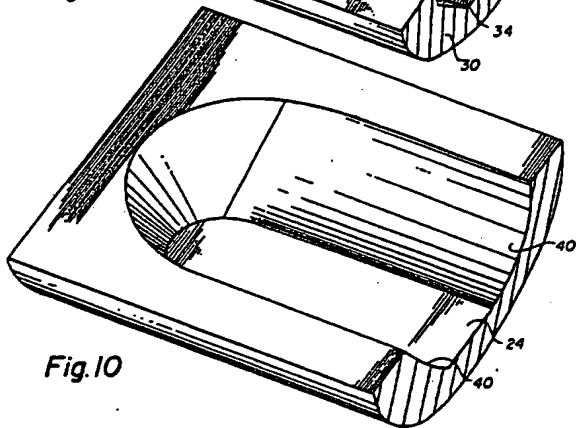


Fig. 10

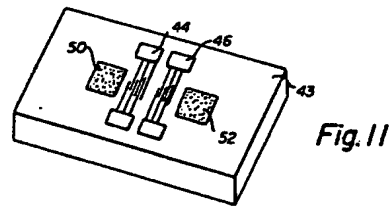


Fig. 11

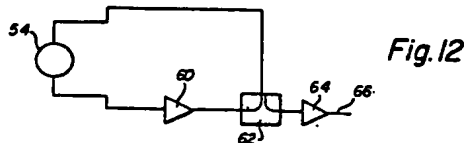


Fig. 12

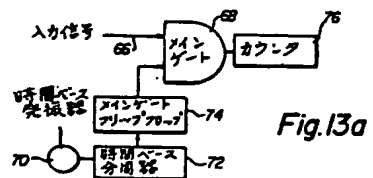


Fig. 13a

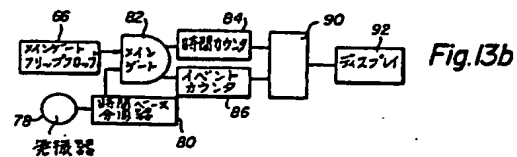


Fig. 13b

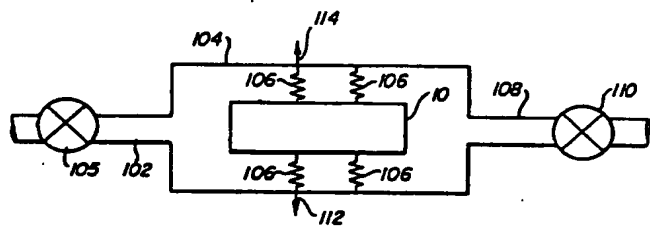


Fig. 14

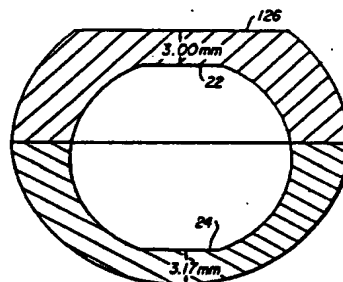


Fig. 15

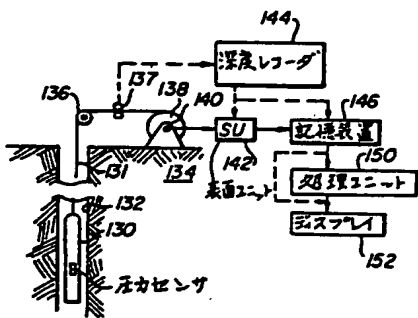


Fig. 14A

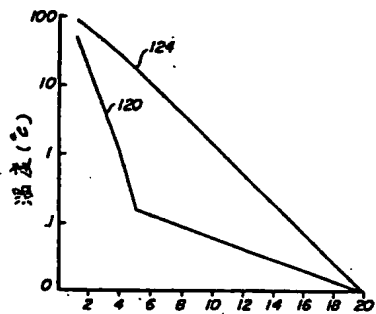
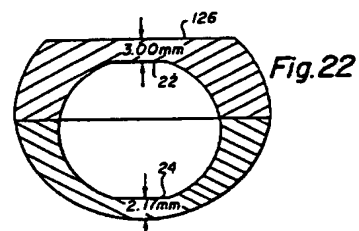
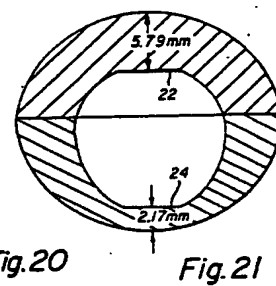
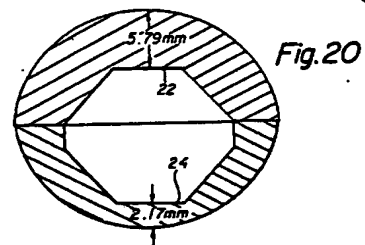
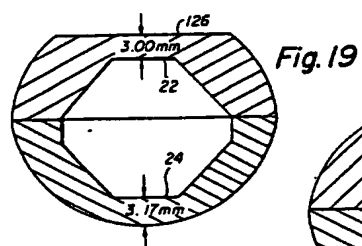
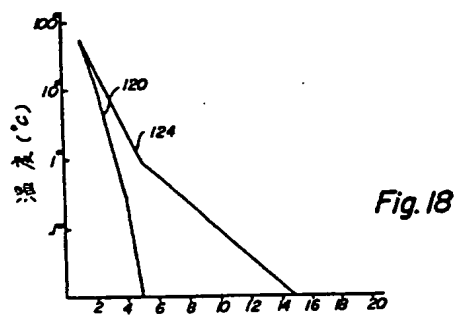
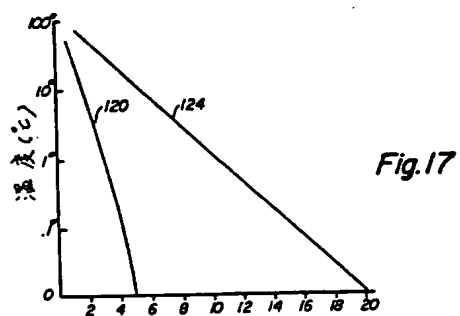


Fig. 16





**TEAM WORK ORDER**

**Docket No.: 2450-0884PUS1 Date: 7-9-07 Candice**

**Return Completed Work to: GH**

**Client Completion Request Date (if applicable):** \_\_\_\_\_

**Desired Date for work requested back (first draft if applicable): 7-12-07**

☒ This item can be bumped (without approval) to 7-13-07

☐ Do not bump

**Actual Due Date: 8-2-07**

☐ **PTO Due Date** ☐ **BSKB Internal Due Date**

☐ **Paper file** ☐ **E-file**

**Please see the secretarial manager for any requests requiring less than 48 hours turn-around time.**

**TYPE OF WORK REQUESTED**

☐ Rule 53(b) - Divisional/Continuation Application (e-mail w/ new dkt # must be attached)

1. Do we need to make changes to spec (including previously filed

Amendments/Cross Ref paragraph?) ☐ Yes ☐ No

2. Do we have an Electronic Specification on P drive? ☐ Yes ☐ No

Should paragraph numbering be inserted into the spec? ☐ Yes ☐ No

☐ Specification/Substitute Specification

**SAVED AS (ON P DRIVE)** \_\_\_\_\_

☐ Amendment/Reply

☐ Finalize Draft Amendment/Reply and send to the client.

☐ Finalize Draft Amendment/Reply and send to the PTO.

☐ Type Amendment/Response from scratch and send to the client.

☐ Type Amendment/Response from scratch and send to the PTO.

**Electronic Spec. and/or Claims on P drive:** ☐ Yes ☐ No

☐ Special Letter

☐ Finalize and send to the client.

☐ Type from scratch and send to the client.

☐ Notice of Appeal

☐ Pre-Appeal Brief ☐ Appeal Brief

☐ Finalize ☐ Type from scratch

☐ Appeal Hearing Request ☐ Written Opinion

☐ RCE

☐ Enter previous Amendment ☐ Type/Finalize new Amendment

☐ Issue Fee w/312 Amendment ☐ Issue Fee w/Corr. Formal Drawings

☐ Corrected Formal Drawings (only)

☐ Notice of Acceptance

☐ Reviewed in PAIR and no IDS is needed - Report to Client

☐ Docketing has been notified that NO IDS IS NEEDED, REMOVE

☐ File Provisional Application (24 hour notice)

☐ Order Certified Copies ☐ EOT Letter to Client ☐ Abandonment

☐ Report/Reminder - Notice to file MP/MR ☐ Certificate of Correction

☐ IPERS

☐ Client Letter ☒ Client Letter (Send letter by facsimile or email) ☐

**Debit**

☒ Other: ABANDONMENT (do not send confirmation copy of client letter to this client)

Work prepared by: \_\_\_\_\_ Telephone Extension: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

---